

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-110788

(P2002-110788A)

(43) 公開日 平成14年4月12日 (2002.4.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 L 21/768

G 0 3 F 7/42

2 H 0 9 6

G 0 3 F 7/42

H 0 1 L 21/90

S 5 F 0 0 4

H 0 1 L 21/027

21/30

5 7 2 A 5 F 0 3 3

21/3065

21/302

H 5 F 0 4 6

21/90

A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2000-295235(P2000-295235)

(22) 出願日

平成12年9月27日 (2000.9.27)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 小島 章弘

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 林 久貴

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

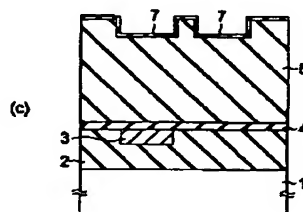
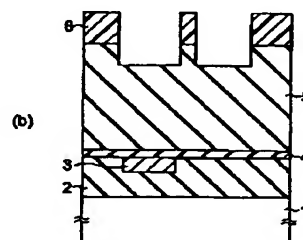
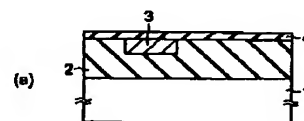
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 酸素を用いたフォトリソストパターンの剥離工程における、低誘電率絶縁膜の誘電率の上昇を防止すること。

【解決手段】 低誘電率絶縁膜であるメチルポリシロキサン膜5上のフォトリソストパターン6を、酸素および窒素を含むガスを用いたプラズマ処理により剥離する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】半導体基板と、

前記半導体基板上に形成され、接続孔を有する低誘電率絶縁膜と、

前記低誘電率絶縁膜の接続孔の側面上に選択的に形成された保護膜と、

前記低誘電率絶縁膜の接続孔内に形成された導電性部材とを具備してなることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記保護膜の表面および前記低誘電率絶縁膜の接続孔の底面を被覆するバリアメタル膜をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】前記低誘電率絶縁膜の表面には前記接続孔と一部が重なる配線溝が形成され、この配線溝内にも前記導電性部材が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項4】前記導電性部材は、デュアルダマシン配線であることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置。

【請求項5】前記低誘電率絶縁膜は、シロキサン骨格を有する絶縁膜であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項6】前記シロキサン骨格を有する絶縁膜は、有機成分を有するシリカガラス膜であることを特徴とする請求項5に記載の半導体装置。

【請求項7】前記有機成分を有するシリカガラス膜は、メチルポリシロキサンを主成分とする絶縁膜であることを特徴とする請求項6に記載の半導体装置。

【請求項8】半導体基板上に低誘電率絶縁膜を形成する工程と、

前記低誘電率絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、

前記レジストパターンをマスクにして前記低誘電率絶縁膜をエッチングし、前記低誘電率絶縁膜に接続孔を開く工程と、

窒素、硫黄およびアルコールの少なくとも一つと、酸素とを含むガスを用いた処理により、前記レジストパターンを剥離する工程と、

前記接続孔内に導電性部材を形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】前記ガスは、 $\text{NO}_x$ ガス、 $\text{NH}_3$ ガス、 $\text{N}$ ガス、 $\text{H}_2$ と $\text{N}_2$ との混合ガス（ $\text{H}_2$ ：3 vol%以下）、 $\text{SO}_x$ ガスおよび $\text{CH}_4$ 、 $\text{OH}$ ガスの少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項8に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】前記処理は、プラズマ処理であることを特徴とする請求項8に記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低誘電率絶縁膜を用いた半導体装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体装置の高集積化・高速化に伴い配線間容量および層間容量の低減化が強く求められている。これらの寄生容量を低減するために、金属配線の低抵抗化技術および層間絶縁膜の低誘電率化技術の開発が今後必須となっている。

【0003】ここでは、後者の層間絶縁膜の低誘電率化技術について、その問題点を説明する。層間絶縁膜としては、プラズマCVD法による $\text{SiO}_2$ 膜やFSG膜が知られている。しかし、これらの絶縁膜は、膜質の安定性の観点からその低誘電率化には限界ある。具体的には、3.3程度までしか比誘電率（ $k$ ）を下げる事ができなかった。通常の熱酸化膜の $k$ 値は4.1である。

【0004】比誘電率を3.0以下に低減するために、塗布法やCVD法による低誘電率絶縁膜が検討されている。例えばメチルポリシロキサン膜が検討されている。この種の低誘電率膜は、一般に炭素もしくは水素を主成分として有し、その膜密度は熱酸化膜に比べて低い。しかし、塗布等による低誘電率絶縁膜には以下のような問題がある。

【0005】図4は、上記問題を説明するための工程断面図である。この問題は、フォトレジストパターンの剥離工程で生じる。図4（a）は、フォトレジストパターン81をマスクにして低誘電率絶縁膜であるメチルポリシロキサン膜82をエッチングし、接続孔を形成した様子を示している。なお、図において、83はシリコン窒化膜、84は下層のメチルポリシロキサン膜をそれぞれ示している。

【0006】この後、図4（b）に示すように、酸素プラズマ処理によりフォトレジストパターン81を剥離する。このとき、プラズマ中の酸素ラジカル（ $\text{O}^+$ ）により、メチルポリシロキサン膜82の露出している部分中の炭素成分（ $\text{CH}_x$ ）が酸素に置き換わる。その結果、メチルポリシロキサン膜82の露出している部分に変質層85が形成され、メチルポリシロキサン膜82の誘電率が実質的に上昇するという問題が起こる。さらに、メチルポリシロキサン膜82の吸湿性が高くなるという問題も起こる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述の如く、従来の塗布法等による低誘電率絶縁膜は、その上に形成したフォトレジストパターンを酸素プラズマ処理により剥離する工程で、誘電率や吸湿性等の特性が劣化するという問題があった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、酸素を用いたフォトレジストパターンの剥離工程で、低誘電率絶縁膜の特性劣化を防止できる半導体装置およびその製造方法を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、本発明に係る半導体装置は、半導体基板と、前記半導体基板上に形成され、接続孔を有する低誘電率絶縁膜と、前記低誘電率絶縁膜の接続孔の側面上に選択的に形成された保護膜と、前記低誘電率絶縁膜の接続孔内に形成された導電性部材とを備えていることを特徴とする。

【0010】本発明において、低誘電率絶縁膜とは、従来からあるFSG膜よりも誘電率が低い絶縁膜、すなわち誘電率が3.5未満の絶縁膜である。配線間容量等の低減化の観点からは誘電率は低い程良いが、膜質の安定性を考慮すると、誘電率の下限は2.0(=完全有機材料のポリテトラフルオロエチレンの誘電率)である。

【0011】本発明に係る半導体装置の好ましい形態は以下の通りである。

【0012】(1) 前記保護膜の表面および前記低誘電率絶縁膜の接続孔の底面を被覆するバリア金属膜をさらに有する。

【0013】(2) 前記低誘電率絶縁膜の表面には前記接続孔と一部が重なる配線溝が形成され、この配線溝内にも前記導電性部材が形成されている。

【0014】(3) 上記(2)において、前記導電性部材はデュアルダマシン配線である。

【0015】(4) 前記低誘電率絶縁膜はシロキサン骨格を有する絶縁膜である。

【0016】(5) 前記シロキサン骨格を有する絶縁膜は、有機成分を有するシリカガラス膜である。

【0017】(6) 前記有機成分を有するシリカガラス膜は、メチルポリシロキサンを主成分とする絶縁膜である。

【0018】また、本発明に係る半導体装置の製造方法は、半導体基板上に低誘電率絶縁膜を形成する工程と、前記低誘電率絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクにして前記低誘電率絶縁膜をエッチングし、前記低誘電率絶縁膜に接続孔を開口する工程と、窒素、硫黄およびアルコールの少なくとも一つと、酸素とを含むガスを用いた処理により、前記レジストパターンを剥離する工程と、前記接続孔内に導電性部材を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0019】本発明に係る半導体装置の製造方法の好ましい形態は以下の通りである。

【0020】(7) 前記ガスは、NO<sub>2</sub>ガス、NH<sub>3</sub>ガス、Nガス、H<sub>2</sub>とN<sub>2</sub>との混合ガス(H<sub>2</sub>:3vol%以下)、SO<sub>2</sub>ガスおよびCH<sub>4</sub>、OHガスの少なくとも一つを含む。

【0021】(8) 前記処理はプラズマ処理であることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造方法。

【0022】(9) 保護膜を形成した後に(1)のバリア金属膜を形成する。

【0023】(10) (2)の配線溝を形成する。接続孔

と配線溝の形成順序はどちらが先でも良い。

【0024】(11) 低誘電率絶縁膜として(4)~(6)の絶縁膜を使用する。

【0025】本発明によれば、窒素、硫黄およびアルコールの少なくとも一つと、酸素とを含むガスを用いた処理によりレジストパターンを剥離するときに、接続孔の側面である低誘電率絶縁膜の表面に保護膜を形成できる。この保護膜により低誘電率絶縁膜の酸素による変質を防止でき、その結果として低誘電率絶縁膜の特性劣化を防止できるようになる。

【0026】低誘電率絶縁膜は一般的に機械的強度が弱いという欠点がある。しかし、本発明の場合、接続孔の側面である低誘電率絶縁膜の表面に形成された保護膜が、補強膜の役割を果たし、低誘電率絶縁膜の機械的強度を高くすることができる。

【0027】本発明の上記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記載および添付図面によって明らかになるであろう。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態(以下、実施形態という)を説明する。

【0029】図1および図2は、一実施形態に係る多層配線構造の形成方法を示す工程断面図である。なお、ここでは説明を簡単にするために、2層の多層配線構造の場合について説明するが、実デバイス、実プロセスでは5層、6層の多層配線構造となる。この場合においてい

わゆる上層配線に本発明を適用することが好ましい。

【0030】図1(a)は第1層目の配線層を示している。図中、1はMOSトランジスタ等の素子(不図示)が集積形成されたシリコン基板、2は層間絶縁膜、3は層間絶縁膜2内に埋め込み形成された第1層目の金属配線、4はシリコン窒化膜をそれぞれ示している。

【0031】第1層目の金属配線3は、例えば後述するデュアルダマシンプロセスにより形成したCu配線である。Cu配線の場合、図には示していないがバリア金属膜を形成する必要がある。金属配線3は、Al配線でも良い。Al配線は例えばいわゆる2ステップリフローにより形成する。この場合、図には示していないがライナー膜を形成する必要がある。さらに、金属配線3はいわゆるシングルダマシン配線でも良い。

【0032】次に図1(b)に示すように、シリコン窒化膜4上にメチルポリシロキサン膜5を形成し、続いて配線溝形成のためのフォトリソパターン6をメチルポリシロキサン膜5上に形成し、そしてフォトリソパターン6をマスクにしてメチルポリシロキサン膜5をRIE(Reactive Ion Etching)法によりエッチングし、配線溝を形成する。

【0033】ここでは、レジストパターンとして、レジストを光で露光、現像して得られるフォトリソパターン6を用いたが、レジストを電子ビーム等のエネルギー

一線で露光、現像して得られるレジストパターンを用いても良い。すなわち、酸素で剥離できるレジストパターンであれば、その形成方法は特に限定されない。

【0034】次に図1(c)に示すように、本発明のレジスト剥離処理用のプラズマ処理を用いて、フォトレジストパターン6を除去するとともに、配線溝の底面および側面に保護膜7を形成する。以下、本発明の保護膜7の詳細について説明する。

【0035】フォトレジストパターン6の剥離処理に用いた装置は真空容器を備え、その内部にはシリコン基板1を固定するための電極(固定電極)と、それに対向するように設置された電極(対向電極)が設けられている。固定電極は静電チャック機能によりシリコン基板1を固定する。シリコン基板1は温度制御機構により $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$ の範囲で所望の温度(基板温度)に設定できるようになっている。対向電極は整合器を介して高周波電源と接続しており、13.56MHzの高周波電力を印加できるようになっている。真空容器には $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ (Hガス3%混合)および $\text{NH}_3$ 、ガスを導入するためのガス導入が設けられている。真空容器内の圧力は真空ポンプにより $1.0\times 10^{-4}\text{Torr}$ 以下に設定できるようになっている。

【0036】レジスト剥離条件は次の通りである。すなわち、圧力: $0.1\text{Torr}$ 、高周波電力: $550\text{W}$ 、 $\text{O}_2/\text{NH}_3=5/150\text{scm}$ 、基板温度: $20^{\circ}\text{C}$ である。この条件でのレジストパターン6の剥離速度は、 $0.5\mu\text{m}/\text{min}$ であった。

【0037】本実施形態のように、 $\text{O}_2$ ガスと $\text{NH}_3$ との混合ガスを用いたレジスト剥離処理用のプラズマ処理の場合、酸素によるレジストパターン6の剥離が進行すると同時に、窒素による配線溝の底面および側面への $\text{Si}-\text{N}$ および $\text{C}-\text{N}$ の堆積が進行し、配線溝の底面および側面には $\text{Si}-\text{N}$ および $\text{C}-\text{N}$ を有する保護膜7が形成される。保護膜7は、配線溝の底面、側面および上面であるメチルポリシロキサン膜5を酸素から保護する。したがって、酸素を用いたレジストパターン6の剥離工程時における、配線溝の底面および側面の変質を防止でき、メチルポリシロキサン膜5の誘電率や吸湿性の上昇を防止できる。

【0038】次に図2(d)に示すように、ビアホール形成のためのフォトレジストパターン8を形成した後、フォトレジストパターン8をマスクにしてメチルポリシロキサン膜5およびシリコン窒化膜4をRIE法によりエッチングし、金属配線3に達するビアホールを形成する。なお、図中右側の配線溝は、別の断面において下層の金属配線(不図示)に達するビアホールが形成されることになる。なお、ビアホールを形成した後配線溝を形成しても良い。

【0039】次に図2(e)に示すように、図1(c)の工程で述べた本発明のフォトレジスト剥離方法を用い

て、フォトレジストパターン6を剥離するとともに、ビアホールの側面に保護膜7を形成する。この結果、配線溝の側面および底面、ならびにビアホールの側面は保護膜7で被覆されることになる。

【0040】次に図2(f)に示すように、バリアメタル膜9(例えばTiN膜)を全面に形成した後、配線溝およびビアホールの内部を埋め込むようにCu膜9を全面に形成する。Cu膜10は例えばメッキ法により形成する。この場合、シード層として薄いCu膜を予め形成しておく。シード層を形成しておくことで、より良好な形状のCu膜10を形成することができる。

【0041】最後に、配線溝外部の不要なCu膜10およびバリアメタル膜9をCMP(Chemical Mechanical Polishing)法により上面の保護膜7とともに除去し、図3に示す多層配線構造が完成する。

【0042】以上述べたように本実施形態によれば、レジストの剥離処理用ガスとして酸素および窒素を含むガスを用いることにより、レジストパターン6、8の剥離工程時における、配線溝の底面および側面の変質ならびにビアホールの側面の変質を保護膜7により防止でき、メチルポリシロキサン膜5の誘電率の上昇等の特性劣化を防止できる。

【0043】さらに、本実施形態の多層配線構造は、従来の多層配線構造にはない保護膜7を有することにより、以下のような効果も得られる。

【0044】メチルポリシロキサン膜5等の低誘電率絶縁膜は一般に機械的強度が弱いという欠点を持っている。しかし、本実施形態によれば、メチルポリシロキサン膜5の表面である配線溝およびビアホールの側面が保護膜7で被覆されているので、メチルポリシロキサン膜5の機械的強度が補強されるという効果が得られる。

【0045】さらに、保護膜7がNを含むことにより、特にバリアメタル膜9としてTiN膜等のNを含むものを用いた場合、バリアメタル膜9とメチルポリシロキサン膜5との密着性を改善することが可能となる。

【0046】さらにまた、保護膜7の材種や膜厚等によっては、保護膜7自身をバリアメタル膜として使用することが可能となる。その結果、バリアメタル膜9が不要となり、工程数の削減化を図れるようになる。

【0047】以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はそれに限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、レジストの剥離処理用ガスとして $\text{O}_2$ ガスと $\text{NH}_3$ との混合ガスを用いた場合について説明したが、上記混合ガスにおいて、 $\text{NH}_3$ の代わりに $\text{NO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ ( $\text{H}_2$ :3%含有)ガス、 $\text{SO}_2$ ガスおよび $\text{CH}_4$ 、 $\text{OH}$ ガスから選ばれた少なくとも1種類のガスを含んだガス系を用いても同様の効果が得られる。さらに、これらの窒素を含むガス以外に、硫黄またはアルコールを含むガスを用いても同様の効果が得られる。

【0048】また、上実施形態では、本発明をデュアル

ダマシン配線に供する層間絶縁膜に適用する場合について説明したが、本発明はシングルダマシン配線やプラグに供する層間絶縁膜にも適用できる。

【0049】また、上実施形態では、低誘電率絶縁膜として、有機成分を含むシリカガラス膜であるメチルポリシロキサン膜を用いた例について説明したが、本発明は他の有機成分を含むシリカガラス膜に対しても有効である。さらに、本発明は、有機成分を含むシリカガラス膜以外のシロキサン骨格を有する低誘電率絶縁膜に対しても有効である。

【0050】また、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題を解決できる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施できる。

【0051】

【発明の効果】以上詳説したように本発明によれば、酸素を用いたフォトレジストの剥離工程で、低誘電率絶縁膜の特性劣化を防止できる半導体装置およびその製造方\*

\*法を実現できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る多層配線構造の形成方法を示す工程断面図

【図2】図1に続く同多層配線の形成方法を示す工程断面図

【図3】本発明の一実施形態に係る多層配線構造を示す断面図

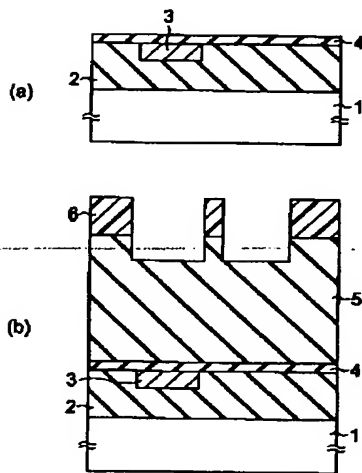
【図4】従来の低誘電率絶縁膜の問題点を説明するため

10の図

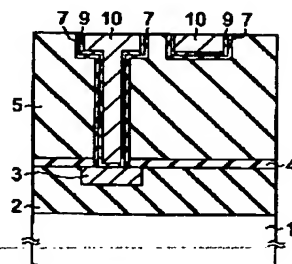
【符号の説明】

- 1…シリコン基板
- 2…層間絶縁膜
- 3…金属配線
- 4…シリコン窒化膜
- 5…メチルポリシロキサン膜
- 6…フォトレジストパターン
- 7…保護膜
- 8…フォトレジストパターン
- 9…バリアメタル膜
- 10…Cu膜（Cu配線）

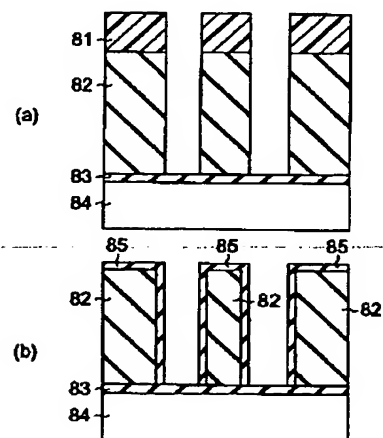
【図1】



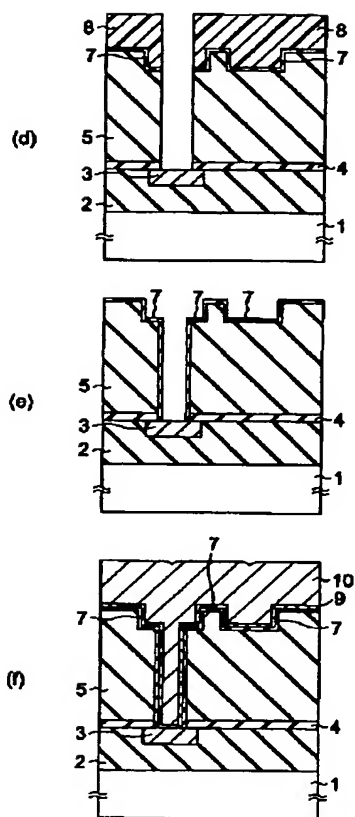
【図3】



【図4】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 大岩 徳久  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内  
(72)発明者 大内 淳子  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

F ターム(参考) 2H096 AA25 CA05 HA14 LA07 LA08  
5F004 AA16 BA04 BD01 DA00 DA24  
DA25 DB03 DB23 DB26 EB02  
EB03  
5F033 HH11 HH33 JJ01 JJ11 JJ33  
KK08 KK11 MM01 MM02 MM12  
MM13 NN06 NN07 PP27 QQ09  
QQ13 QQ37 QQ48 QQ90 RR06  
RR23 RR25 TT04 TT06 TT07  
XX24  
5F046 MA12 MA13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**